



## Tata cara pemasangan dan pembacaan pisometer kawat vibrasi



© BSN 2012

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh isi dokumen ini dengan cara dan dalam bentuk apapun serta dilarang mendistribusikan dokumen ini baik secara elektronik maupun tercetak tanpa izin tertulis dari BSN

**BSN**  
Gd. Manggala Wanabakti  
Blok IV, Lt. 3,4,7,10.  
Telp. +6221-5747043  
Fax. +6221-5747045  
Email: [dokinfo@bsn.go.id](mailto:dokinfo@bsn.go.id)  
[www.bsn.go.id](http://www.bsn.go.id)

Diterbitkan di Jakarta



## Daftar isi

Daftar isi.....	i
Prakata .....	ii
Pendahuluan.....	iii
1 Ruang lingkup .....	1
2 Acuan normatif.....	1
3 Istilah dan definisi .....	1
4 Kegunaan dan keunggulan.....	2
4.1 Kegunaan .....	2
4.2 Keunggulan.....	2
5 Persyaratan dan peralatan.....	3
5.1 Persyaratan .....	3
5.2 Peralatan .....	3
5.3 Kalibrasi.....	4
6 Pemasangan pisometer kawat vibrasi .....	4
6.1 Persiapan.....	4
6.2 Pemasangan pada lapisan fondasi.....	5
6.3 Pemasangan pada timbunan.....	6
6.4 Pemasangan kabel pada paritan .....	7
6.5 Data pendukung .....	8
7 Pembacaan pisometer kawat vibrasi .....	9
7.1 Prinsip dasar.....	9
7.2 Pembacaan.....	9
7.3 Jadwal pembacaan.....	10
8 Pengumpulan data .....	10
9 Laporan.....	10
Lampiran A .....	12
Lampiran B .....	14
Lampiran C .....	23
Lampiran D .....	24
Bibliografi .....	25



## Prakata

Standar Nasional Indonesia (SNI) ini merupakan revisi dan penyempurnaan SNI 03-6461-2000 tentang 'Tata cara pemasangan dan pembacaan pisometer (*piezometer*) kawat vibrasi' yang sejalan dengan adanya perubahan peraturan dan perkembangan teknologi.

Perubahan-perubahan dari SNI 03-6461-2000, meliputi perubahan judul, perubahan format, desain SNI, pendahuluan, penambahan ruang lingkup dan bagan alir serta penulisan telah disusun sesuai dengan PSN 08:2007.

Standar ini disusun oleh Panitia Teknis 91-01 Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Teknik Sipil pada Subpanitia Teknis 91-01-S1 Bidang Sumber Daya Air melalui Gugus Kerja Pendayagunaan Sumber Daya Air Bidang Bahan dan Geoteknik. Standar ini telah dibahas pada forum rapat konsensus pada tanggal 8 Oktober 2009 dengan melibatkan beberapa pakar, instansi/ lembaga terkait dan nara sumber.





## Pendahuluan

Untuk memantau kestabilan/keamanan bendungan perlu dipasang beberapa macam peralatan/instrumentasi antara lain pisometer, alat pengukur penurunan tanah, sel tekanan total, inklinometer, seismograf dan lain sebagainya.

Peralatan pisometer kawat vibrasi berupa peralatan yang digunakan untuk mengukur tekanan air pori suatu fondasi maupun tubuh bendungan urugan tanah selama pelaksanaan, uji coba, maupun tahap operasional.

Penjelasan tentang pemasangan dan pembacaan alat ini umumnya telah disertakan dalam buku petunjuk pada setiap peralatan yang akan dijual, seperti peralatan atau barang lainnya.

Pengadaan peralatan ini memerlukan dana yang lebih besar dari pada tipe alat pisometer lainnya sehingga tidak dipasang pada setiap bendungan, namun pemasangan peralatan pisometer jenis lainnya seperti pisometer pipa tegak, pisometer hidrolik sering dipertimbangkan untuk dipasang sesuai dengan resiko keamanan bendungan yang ada.

Dalam tahap perencanaan bendungan, nilai tekanan air pori digunakan sebagai data perhitungan stabilitas tubuh bendungan dan daya dukung lapisan fondasi. Nilai tekanan air pori inilah yang digunakan sebagai nilai batas untuk memonitor keamanan tubuh bendungan, baik pada saat pelaksanaan pembangunan, pengisian air waduk maupun selama bendungan ini berfungsi.

Pada periode aplikasi instrumen pada pembangunan bendungan yang mulai tahun 1980-an, peralatan instrumen geoteknik sudah cukup banyak digunakan antara lain di bendungan Wadaslintang Jawa Tengah, Way Rarem di Lampung, Cirata di Jawa Barat, Kedung Ombo di Jawa Tengah dan Tiu Kulit, Mamak di Nusa Tenggara Barat.

Mengingat peralatan instrumentasi geoteknik yang berupa pisometer kawat vibrasi diperlukan bagi evaluasi keamanan tubuh bendungan, maka tata cara pemasangan dan pembacaan pisometer kawat vibrasi tentu sangat diperlukan sebagai petunjuk dan pegangan bagi teknisi geoteknik, pihak perencana, pengelola dan pihak lainnya yang terkait dalam pembangunan bendungan dan bangunan teknik sipil lainnya.



## Tata cara pemasangan dan pembacaan pisometer kawat vibrasi

### 1 Ruang lingkup

Standar ini mencakup pemasangan alat pisometer kawat vibrasi baik yang dilaksanakan pada lapisan fondasi dengan melaksanakan pemboran maupun pada timbunan tanah dengan melaksanakan pembuatan lubang galian dan paritan lebih dulu

Standar pemasangan dan pembacaan pisometer kawat vibrasi ini menetapkan tata cara pemasangan dan pembacaan pisometer kawat vibrasi untuk memperoleh nilai tekanan air pori yang akurat dan dapat dipertanggungjawabkan bagi suatu fondasi dan tubuh bendungan maupun bangunan teknik sipil lainnya.

Standar ini juga menguraikan cara dan jadwal pembacaan mulai saat pelaksanaan, uji coba dan selama bangunan/bendungan ini berfungsi, sehingga keamanan/kestabilan bendungan dapat dipantau secara efektif.

Selain hal di atas, tata cara ini juga menguraikan perihal keuntungan dan keterbatasan dari peralatan pisometer kawat vibrasi.

### 2 Acuan normatif

ASTM D 420-92 (Reapproved 2003), *Standard guide to site characterization for engineering design and construction purpose*

ASTM D 1452-80 (Reapproved 2002), *Practice for soil investigation and sampling by auger borings.*

ASTM D 2113-99, *Practice for diamond core drilling for site investigation.*

SNI 03-1742-2008, *Cara uji kepadatan ringan untuk tanah.*

SNI 03-1743-2008, *Cara uji kepadatan berat untuk tanah.*

### 3 Istilah dan definisi

Untuk tujuan penggunaan dalam dokumen ini, istilah dan definisi berikut digunakan:

#### 3.1

##### **cincin kedap air**

cincin yang terbuat dari karet dan berfungsi sebagai media untuk menahan rembesan air masuk ke dalam bagian elektrik di dalam pisometer

#### 3.2

##### **defleksi**

lendutan yang terjadi pada diafragma pisometer akibat adanya tekanan air pori. Akibat terjadinya defleksi pada lempengan diafragma tersebut, kawat vibrasi akan menyusut dan meregang dan menimbulkan perubahan tegangan dan gelombang getaran kawat vibrasi

#### 3.3

##### **kawat vibrasi**

kawat yang bergetar jika terjadi defleksi diafragma yang dipengaruhi oleh tekanan air pori dan akan mempengaruhi frekuensi resonan dan perubahan regangan pada kawat vibrasi dan akan terlihat pada alat baca



**3.4****pisometer kawat vibrasi**

suatu unit pisometer yang terdiri dari filter, diafragma dilengkapi dengan kawat vibrasi dan komponen magnet yang dapat mengukur frekuensi resonan yang berada pada suatu selubung baja tahan karat dan memiliki kabel yang terbungkus dengan bahan plastik berkualitas tinggi yang tahan asam sulfat

**3.5****transduser**

alat untuk mengubah jumlah getaran menjadi tegangan listrik atau sebaliknya

**4 Kegunaan dan keunggulan****4.1 Kegunaan**

Pisometer kawat vibrasi dipasang pada lapisan fondasi dan tanah timbunan untuk mengamati tekanan air pori dan muka air tanah. Pada beberapa pemasangan peralatan instrumentasi geoteknik, alat pisometer kawat vibrasi telah digunakan untuk mengecek keakuratan peralatan pisometer yang berada di sekitarnya. Alat pisometer kawat vibrasi inipun dapat digunakan untuk mengamati tekanan air pori yang bernilai negatif. Contoh penempatan instrumen pada tubuh bendungan dapat dilihat pada Gambar B.1 halaman 14.

**4.2 Keunggulan**

Beberapa keunggulan dari pisometer kawat vibrasi dibandingkan dengan pisometer jenis lainnya antara lain:

- a) Pelaksanakan pembacaan dan pemeliharaan peralatan lebih mudah.
- b) Memiliki respon waktu yang cepat setelah pembacaan.
- c) Dapat membaca nilai tekanan air pori negatif.
- d) Dengan dilengkapi transduser sinyal aliran rendah yang dapat mengatasi masalah kabel kontak sambungan panjang kabel dan pengaruh gangguan petir, posisi perlengkapan alat baca terhadap elevasi pisometer maka pisometer kawat vibrasi mempunyai kinerja yang cukup handal.
- e) Pelaksanaan sistem pembacaan dapat dipusatkan pada unit terminal alat baca.
- f) Tidak ada masalah kesulitan pemeliharaan sehubungan dengan pengaruh temperatur yang sangat rendah dan mengakibatkan proses pembekuan dari air. Hanya memerlukan perawatan dan pemeliharaan unit alat baca dan baterai.
- g) Dapat menggunakan struktur yang ada sebagai fasilitas terminal dalam penggunaan rangkaian kabel yang cukup panjang sehingga akan diperoleh sistem yang menyeluruh dengan jumlah biaya yang lebih rendah.
- h) Pisometer kawat vibrasi memiliki perilaku yang kuat dan tahan lama dan cukup akurat.
- i) Dengan kemajuan teknologi informasi saat ini, pembacaan pisometer kawat vibrasi dapat dibaca dan diproses secara otomatis.



## 5 Persyaratan dan peralatan

### 5.1 Persyaratan

Pisometer memiliki lempengan porus yang akan dipengaruhi oleh tekanan air dan menekan diafragma yang dibuat dari baja tahan karat. Sebuah kawat baja dengan kuat tarik yang tinggi dipasang di tengah dari dinding diafragma di bagian ujungnya dan dipasang cukup kuat pada ujung bagian lainnya. Kawat ini ditutup rapat dengan selubung baja tahan karat dan telah disesuaikan terhadap tegangan yang telah ditentukan pada saat pembuatan. Tekanan bekerja pada diafragma yang menyebabkan diafragma ini mengalami defleksi yang akan mengakibatkan terjadinya perubahan tegangan dan frekuensi resonan kawat. Sebuah kumparan magnet digunakan untuk perlengkapan alat baca untuk memetikkan dan menggetarkan kawat dan untuk mengukur frekuensi vibrasi tersebut.

Beberapa hal yang harus diketahui tentang pisometer kawat vibrasi antara lain:

- Kesulitan untuk mengeluarkan udara dari pisometer kawat vibrasi yang dipasang pada lapisan tanah sebagian jenuh dan pada tanah organik yang mengandung gas. Sehingga untuk mengatasi masalah ini harus diamati kondisi pisometer yang mengalami jenuh air dan mencatat perubahan peningkatan akses air pori tersebut sebagai bahan koreksi terhadap nilai awal pembacaan.
- Pada kenyataannya variasi tekanan yang kecil pun akan berpengaruh terhadap pembacaan sehingga koreksi harus dilaksanakan akibat perubahan tekanan udara dan temperatur, meskipun masalah ini tidak umum terjadi pada beberapa bendungan.
- Bila pisometer ditanam pada lubang bor maka akan timbul pengaruh dari air sisa pembilas yang dapat menimbulkan pembacaan palsu. Untuk itu diperlukan pembacaan tambahan setelah seluruh air sisa pemboran merembes ke sekelilingnya.
- Pelatihan khusus bagi personel diperlukan agar dapat melakukan pembacaan, kalibrasi dan uji coba peralatan sebelum peralatan ini dipasang.
- Untuk mengatasi perubahan data kalibrasi dari pabrik pembuat akibat proses pengangkutan dari negara asal maka pisometer kawat vibrasi memerlukan kalibrasi ulang sebelum pemasangan untuk mengecek dan membandingkan hasil faktor kalibrasi yang dilaksanakan oleh pabrik pembuat. Kalibrasi ulang ini akan menambah pekerjaan bagi petugas pemasangan, namun akan memperoleh data yang baik di kemudian hari.
- Pelaksanaan pembacaan setelah pemasangan sangat mudah dan sederhana, akan tetapi data ini harus dikoreksi dengan perhitungan terlebih dahulu dan tidak dapat langsung digunakan seperti pembacaan pisometer pipa tegak.

### 5.2 Peralatan

Sistem unit peralatan pisometer kawat vibrasi meliputi pisometer, kabel elektrik, unit alat baca dan bahan pengisi ke dalam lubang pengeboran pada saat pemasangan pisometer (lihat Gambar B.3 halaman 15).

- Pisometer**  
Pisometer terdiri dari silinder baja tahan karat, filter terbuat dari keramik atau logam anti karat, kawat baja mutu tinggi, diafragma baja tahan karat, transduser untuk mengalirkan frekuensi resonan kawat, dan kumparan magnet yang dapat menimbulkan vibrasi pada kawat (lihat Gambar B.2 halaman 14).
- Kabel elektrik**  
Setiap pisometer kawat vibrasi dilengkapi dengan kabel elektrik yang panjangnya disesuaikan dengan kebutuhan. Dalam pemasangan pada paritan hingga lokasi



terminal harus ditambah panjang kabel sebesar 10% untuk mengatasi regangan yang berlebihan dan 3,0 m untuk setiap pisometer. Pada sambungan kabel listrik digunakan penghubung yang dilapisi dan dibungkus dengan tabung pembungkus yang dicor sejenis aspal atau resin. Setiap pabrik pembuat pisometer, kabel harus memiliki tanda permanen pada setiap interval panjang 5,0 m.

- c) Unit alat baca  
Unit alat baca harus dapat menerima tanda listrik dari pisometer dan menayangkan frekuensi pembacaan dengan tayangan angka. Baterai dan pengirim tahanan listrik untuk menghubungkan kabel listrik dan unit alat baca juga akan diperlukan.
- d) Bahan pengisi  
Jenis bahan pengisi bekas lubang pemboran, lubang galian dan paritan berupa pasir bergradasi, bentonit tablet dan campuran bentonit dan pasir.

### 5.3 Kalibrasi

Pisometer kawat vibrasi memiliki sifat yang sangat sensitif mudah mengalami gangguan akibat pengiriman yang kurang baik dari negara asal pabrik, demikian juga hasil pembacaan akan dipengaruhi oleh temperatur sekeliling pemasangan pisometer. Untuk mengatasi permasalahan yang dapat terjadi terhadap pisometer kawat vibrasi ini maka kalibrasi awal mutlak harus dilakukan oleh pabrik pembuat pada saat pisometer ini dikirim kepada pihak pemesan. Dengan demikian maka setiap pisometer kawat vibrasi akan diketahui persamaan maupun perbedaan antara kalibrasi yang dilakukan oleh pabrik pembuat dengan hasil kalibrasi dari pembacaan awal termasuk grafik hasil kalibrasi yang digunakan untuk pembacaan akan diketahui perbedaannya.

## 6 Pemasangan pisometer kawat vibrasi

### 6.1 Persiapan

Pisometer kawat vibrasi sering dipasang pada lapisan fondasi dengan melaksanakan pengeboran lebih dulu. Sedangkan pemasangan pisometer kawat vibrasi pada tubuh bendungan sebagai hasil dari pekerjaan tambahan dilaksanakan dengan membuat lubang galian serta paritan lebih dulu.

Untuk memperoleh hasil pelaksanaan pemasangan pisometer kawat vibrasi dengan baik dan berhasil, maka beberapa kegiatan harus dilakukan lebih dulu oleh tim pelaksana pemasangan yang antara lain adalah:

- a) Siapkan tim pelaksana pemasangan.  
Selain kegiatan tersebut di atas juga perlu dilakukan orientasi lapangan untuk mengetahui kondisi lapangan terutama untuk persiapan pelaksanaan transportasi alat bor mesin dan alat lainnya.
- b) Lakukan orientasi lapangan untuk mengetahui kondisi lapangan terutama untuk persiapan pelaksanaan transportasi alat bor mesin dan alat lainnya.
- c) Siapkan dan pelajari rencana gambar pemasangan pisometer sesuai dengan gambar rencana yang telah disetujui oleh pengguna jasa.
- d) Siapkan bahan-bahan penunjang pelaksanaan pemasangan pisometer antara lain pasir bergradasi, bentonit dan semen.
- e) Periksa dan siapkan seluruh perlengkapan alat pendukung yang akan digunakan dalam pemasangan peralatan pisometer seperti unit alat pemboran inti lengkap, bor tangan lengkap, alat pemadatan manual, sekop, cangkul, tambang dan alat ukur.
- f) Periksa kondisi setiap pisometer untuk mengetahui kemungkinan rusaknya pisometer akibat pengiriman dari pabrik pembuatnya.



- g) Hitung jumlah peralatan pisometer kawat vibrasi termasuk keterangan bukti pengiriman dan kalibrasi dari pabrik.
- h) Sebelum pelaksanaan pemasangan unit pisometer kawat vibrasi, setiap pisometer harus dikalibrasi terlebih dahulu untuk membandingkan nilai faktor kalibrasi dari pabrik pembuat dan kondisi di lapangan apakah ada perbedaan akibat pengaruh pengiriman dari pabrik pembuatnya.
- i) Siapkan perlengkapan alat tulis, formulir pencatatan/pembacaan dan kamera.

## 6.2 Pemasangan pada lapisan fondasi

Untuk pemasangan pisometer kawat vibrasi pada lapisan fondasi, terlebih dahulu harus disiapkan suatu lubang bor dengan kedalaman sesuai yang direncanakan dan berdiameter minimal 125 mm yang bebas dari tanah bekas pemboran.

Adapun kegiatan pemasangan pisometer kawat vibrasi ini sebagai berikut.

- a) Filter yang terbuat dari keramik atau logam anti karat yang berada di bagian ujung pisometer harus bebas dari gelembung udara. Hal ini dilakukan dengan melepaskan karet berbentuk cincin kedap air terlebih dahulu dari tempatnya. Kemudian filter dilepas dari pisometer dan direndam selama 24 jam dalam wadah yang berisi air dingin yang sudah dididihkan. Pasang kembali karet berbentuk cincin kedap air dan filter yang terbuat dari keramik atau logam anti karat pada pisometer dan masukkan kedalam wadah yang berisi air yang sudah dididihkan dan telah didinginkan. Wadah air tersebut harus cukup besar sehingga pisometer dapat dirakit kembali dan ditempatkan dalam kantong berisi pasir dalam rendaman air. Lihat Gambar B.4 halaman 15.
- b) Tempatkan kantong kain ke dalam wadah yang berisi air yang sudah dididihkan dan telah didinginkan, selanjutnya isikan bahan filter pasir bergradasi sebagai pengisi ke dalam kantong kain. Tempatkan pisometer dalam kantong kain dan isikan pasir ke dalam kantong. Ikat bagian atas kantong dan bungkus erat-erat kantong kain dengan kawat kasa. Seluruh unit ini harus terendam dalam air hingga siap untuk dipasang ke dalam lubang.
- c) Catat masing-masing nomor seri pisometer kawat vibrasi. Setiap pisometer memiliki hasil kalibrasi yang berbeda-beda, sehingga elevasi penempatan setiap pisometer merupakan data dan kondisi yang penting.
- d) Siapkan peralatan pemboran inti lengkap lihat Gambar B.5 halaman 16 pada rencana titik lubang pengeboran yang akan dipasang pisometer termasuk penyediaan bahan dan tim pemboran.
- e) Lakukan pelaksanaan pemboran inti sesuai dengan ASTM D 420, D 1452 dan D 2113.
- f) Apabila dasar lubang bor telah mencapai kedalaman 25 cm di bawah rencana elevasi penempatan pisometer, pipa pelindung harus dipasang pada lubang bor. Selanjutnya pasir bergradasi yang jenuh air diisikan ke dalam dasar lubang bor setinggi 25 cm dan dipadatkan dengan batang pemadat sambil mengangkat pipa pelindung setinggi 25 cm. Pemadatan dapat menggunakan jenis pemadat yaitu dengan batang pemadat sesuai SNI 1742:2008 dan SNI 1743:2008 tentang metode pengujian kepadatan ringan dan berat untuk tanah.
- g) Masukkan pisometer ke dalam lubang bor sesuai dengan kedalaman yang direncanakan dan lakukan pembacaan kalibrasi awal. Bila penempatan dan pengecekan/uji coba sudah berhasil, isikan dan padatkan pasir bergradasi setinggi 50 cm di atas pisometer, setelah itu tablet bentonit berdiameter maksimum 50 mm yang berfungsi sebagai penyekat/kedap air diisikan dan dipadatkan setinggi 150 cm.



- h) Bila dalam lubang bor yang sama akan dipasang pisometer dengan elevasi yang lebih tinggi maka bahan pengisi terdiri dari campuran beton atau semen graut harus dimasukkan ke dalam lubang bor dengan menggunakan pipa pelindung.
- i) Pada pemasangan pisometer yang lebih atas, pemasangan pisometer harus berada di atas isian butir bentonit kedap air yang dipadatkan setinggi 150 cm untuk memisahkan pisometer yang telah dipasang di bagian bawah sebelumnya.
- j) Ulangi tahapan setiap pemasangan pisometer dalam lubang bor. Isikan filter pasir bergradasi dan butir bentonit yang dipadatkan.
- k) Seluruh kawat dan batang penyambung yang telah digunakan dalam pemasangan pisometer ini dilepas dari dalam lubang bor.
- l) Lubang bor selanjutnya diisi dengan campuran semen dan pasir dengan perbandingan 1:3. Setelah selesai pengisian lubang bor, pipa pelindung kemudian ditarik ke atas.
- m) Selama pemasangan pisometer harus memperhatikan ketepatan pemasangan pisometer pada elevasi yang direncanakan, sehingga ketebalan jenis material pengisi dan elevasi pisometer yang benar dapat dimonitor termasuk adanya tanah bekas pemboran di dalam lubang bor. Lihat Gambar B.6 halaman 17.
- n) Untuk mengecek hal tersebut, pemasangan pisometer harus menggunakan alat pengukur kedalaman pengisian bahan yang biasanya berupa kawat dan pemberat di ujungnya. Secara periodik harus dilakukan pengukuran kedalaman dasar pengisian pasir bergradasi yang dipadatkan.
- o) Lakukan dan catat pembacaan awal nilai tekanan air pori pada setiap pisometer yang baru dipasang.

### 6.3 Pemasangan pada timbunan

Pemasangan pisometer kawat vibrasi pada timbunan sama dengan pemasangan pisometer kawat vibrasi pada lapisan fondasi, namun pemasangan pisometer kawat vibrasi pada timbunan ini dilakukan dengan menempatkan pisometer ke dalam lubang bor tangan yang dangkal atau menempatkan pisometer ke dalam lubang galian sebagai berikut:

#### 6.3.1 Pemasangan pada lubang bor tangan

- a) Lakukan tahap kegiatan sesuai tahapan kegiatan pada sub-pasal 6.2 butir a) sampai dengan c).
- b) Siapkan dan rangkai peralatan pemboran tangan lengkap pada rencana titik lubang pemboran untuk pemasangan pisometer termasuk penyediaan bahan dan tim pemboran.
- c) Lakukan pelaksanaan pemboran tangan minimal berdiameter 125 mm, apabila dasar lubang bor tangan telah dicapai pada kedalaman 25 cm di bawah rencana elevasi penempatan pisometer, isikan pasir bergradasi bergradasi yang jenuh air ke dalam dasar lubang bor setinggi 25 cm dan dipadatkan dengan batang pemadat.
- d) Masukkan pisometer ke dalam lubang bor tangan sesuai dengan kedalaman yang direncanakan dan dilakukan pembacaan. Bila penempatan dan pengecekan/uji coba sudah berhasil, isikan dan padatkan pasir bergradasi setinggi 25 cm lebih atas dari bagian paling atas pisometer.
- e) Lubang bor tangan selanjutnya diisi dengan campuran semen dan pasir dengan perbandingan 1:3.



- f) Tempatkan ujung kabel pisometer yang akan disambung dengan kabel ke unit terminal melalui paritan.
- g) Lakukan dan catat pembacaan awal nilai tekanan air pori pada pisometer yang baru dipasang.

### **6.3.2 Pemasangan pada lubang galian**

- a) Pemasangan pisometer kawat vibrasi yang dipasang pada lubang galian berbeda dengan pemasangan pisometer kawat vibrasi dalam lubang bor tangan. Hal ini disebabkan pemasangan dalam lubang galian tidak menggunakan kantong kain berisi pasir.
- b) Siapkan lubang galian berukuran 75 cm x 75 cm dengan kedalaman 50 cm, pada timbunan.
- c) Lakukan kegiatan tahap a) dalam sub sub-pasal 6.3.1.
- d) Pasang pisometer dengan menempatkan pisometer kawat vibrasi pada dasar lubang galian di atas lapisan yang telah dipadatkan kembali dengan menggunakan bahan campuran pasir bergradasi dan bentonit dengan perbandingan berat kering 3:1 setebal 10 cm. Lapisan setebal 10 cm yang telah dipadatkan ini harus memiliki kepadatan yang sama dengan kepadatan timbunan sekitarnya. Lihat Gambar B.7 halaman 18.
- e) Ketebalan minimum material timbunan yang menggunakan bahan campuran pasir bergradasi dan bentonit dengan perbandingan berat kering 3:1 dipadatkan di atas pisometer adalah 20 cm. Pemadatan harus memperhatikan dan mempertimbangkan keutuhan pisometer agar pelaksanaan ini tidak menimbulkan kerusakan terhadap pisometer. Kegiatan penimbunan atau penimbunan kembali di atas pisometer atau kabel-kabel elektrik dapat dilaksanakan setelah uji coba berhasil dan seluruh sistem berhasil dengan baik.

### **6.4 Pemasangan kabel pada paritan**

Untuk menghubungkan pisometer kawat vibrasi dengan alat bacanya digunakan kabel yang akan dipasang pada timbunan maka diperlukan jalur paritan untuk menempatkan kabel-kabel pisometer kawat vibrasi tersebut. Pemasangan kabel pisometer kawat vibrasi dapat dilakukan sebagai berikut:

- a) Siapkan paritan berukuran minimal lebar 50 cm dan kedalaman 50 cm sesuai gambar rencana jalur paritan.
- b) Hamparkan dan padatkan kembali di atas dasar galian paritan dengan menggunakan bahan campuran pasir bergradasi dan bentonit dengan perbandingan berat kering 3:1 setebal 10 cm. Lapisan setebal 10 cm yang telah dipadatkan ini harus memiliki kepadatan yang sama dengan kepadatan timbunan sekitarnya.
- c) Tempatkan jalur kabel pisometer kawat vibrasi pada lubang paritan dengan posisi yang berbelok-belok (zig-zag). Jarak antara kabel minimal 5 cm.
- d) Hamparkan dan padatkan kembali di atas jalur kabel pisometer kawat vibrasi dengan menggunakan bahan campuran pasir bergradasi dan bentonit dengan perbandingan berat kering 3:1 setebal 20 cm. Pemadatan harus memperhatikan dan mempertimbangkan keutuhan pisometer agar pelaksanaan ini tidak menimbulkan kerusakan terhadap pisometer. Kegiatan penimbunan atau penimbunan kembali di atas pisometer atau kabel-kabel elektrik dapat dilaksanakan setelah uji coba berhasil dan seluruh sistem berhasil dengan baik.
- e) Timbun dan padatkan kembali dengan kepadatan yang sama dengan kepadatan sekitar cabang paritan dan paritan utama dan kabel pisometer kawat vibrasi dengan



menggunakan bahan yang sama dengan bahan timbunan di sekitar paritan seperti diperlihatkan pada Gambar B.6 halaman 17.

- f) Untuk mengatasi kemungkinan terjadinya rembesan di sekitar kabel-kabel ini, maka pada cabang paritan dan paritan utama perlu dipasang dinding halang kedap air.

Dinding halang kedap air yang terdiri dari campuran bentonit dengan pasir bergradasi dengan perbandingan berat dalam keadaan kering adalah 1:3 harus dipasang sepanjang paritan dengan kondisi:

- pada galian paritan dengan bahan timbunan yang berbeda-beda maka dinding halang kedap air harus dipasang memotong kedua lapisan ini dengan ketebalan minimum 75 cm;
- pada timbunan yang homogen dinding halang kedap air harus dipasang dengan ketebalan 50 cm; Lihat Gambar B.8 halaman 18
- pemasangan setiap dinding halang kedap air dengan jarak interval 15 m atau diantara dua buah pisometer yang berada pada paritan tersebut dengan jarak kurang dari 15 m. Adapun kedalaman dinding halang kedap air yang menembus alas paritan minimal 20 cm;
- padatkan bahan material dinding halang kedap air dengan kepadatan yang sama dengan kepadatan timbunan sekitarnya.

- g) Agar pemasangan pisometer dan kabel tidak terganggu oleh peralatan pemadatan tanah maka dapat digunakan suatu pipa pengaman dan pengumpul terbuat dari pipa baja berdiameter 45 cm dan tinggi 1,50 m memiliki celah berukuran 2,5 cm dimulai dari atas hingga bawah yang dapat mengumpulkan seluruh kabel di sekitar daerah ini. Elevasi alas pipa pengumpul akan disesuaikan dengan kemajuan penimbunan, seperti diperlihatkan pada Gambar B.9 halaman 19. Di sekitar kumpulan kabel ini digunakan bahan dan cara pemadatan yang sama dengan bahan dinding halang kedap air yaitu dengan menggunakan campuran bentonit dengan pasir bergradasi dengan perbandingan berat dalam keadaan kering adalah 1:3.
- h) Lakukan dan catat pembacaan awal nilai tekanan air pori pada pisometer kawat vibrasi yang baru dipasang.

### 6.5 Data pendukung

Untuk melengkapi data pendukung dan dokumentasi pemasangan peralatan pisometer kawat vibrasi yang akan diperlukan untuk keperluan pemasangan dan pembacaan pisometer kawat vibrasi maka pada seluruh pemasangan pisometer kawat vibrasi harus dilakukan pencatatan:

- a) waktu, hari, tanggal, bulan dan tahun;
- b) cuaca dan suhu udara;
- c) elevasi pemasangan pisometer;
- d) data pembacaan awal;
- e) kondisi lapangan pada saat pemasangan termasuk pengaruh muka air;
- f) (bila ada) kesulitan/masalah yang terjadi;
- g) jenis peralatan pemadatan dan alat lainnya yang digunakan selama pemasangan;
- h) pelaksanaan kegiatan pemasangan pisometer;
- i) melakukan pengambilan foto-foto kegiatan pemasangan pisometer;
- j) nama pelaksana dan pengawas.



Data pendukung ini merupakan data yang akan melengkapi dan disusun dalam laporan.

## 7 Pembacaan pisometer kawat vibrasi

### 7.1 Prinsip dasar

Setiap pisometer kawat vibrasi telah dikalibrasi sebelum pengiriman dan setiap pisometer memiliki masing-masing kurva kalibrasi, faktor pembacaan tekanan, dan pembacaan awal yang dikirim oleh pabrik pembuat.

Hubungan dasar antara defleksi diafragma pisometer dan frekuensi vibrasi atau periode vibrasi kawat vibrasi adalah:

$$\text{Defleksi, } \Delta s = \frac{\text{Bilangan tetap} \times (\text{frekuensi})^2}{\text{Bilangan tetap : (periode)}^2} = c \times f^2 = c : 1/T$$

Bilangan tetap tergantung dari diameter dan panjang kawat. Karena tekanan sebanding dengan defleksi diafragma, hubungan antara tekanan yang bekerja  $P$  dan unit/alat yang terbaca diperoleh dengan menggunakan persamaan di bawah ini.

$$P = G (L_0 - L_1) \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

$P$  adalah tekanan dalam  $\text{kN/m}^2$  atau (kPa)

$G$  adalah bilangan tetap pembacaan atau faktor pembacaan pisometer, dalam  $\text{kN/m}^2$  atau (kPa) setiap unit panjang

$L_0$  adalah pembacaan awal dalam kondisi tekanan nol di lapangan pada saat pemasangan

$L_1$  adalah pembacaan di lapangan

Pembacaan awal dicatat pada saat pemasangan pisometer di lapangan.  $L_0$  akan diperlukan untuk persamaan tersebut di atas. Sebagai alternatif, untuk pendekatan nilai tekanan, kurva kalibrasi yang sama dengan Gambar B.10 halaman 20 dapat langsung digunakan. Kurva kalibrasi memiliki skala tekanan yang sederhana.

Hal yang sama, untuk koreksi temperatur dapat menggunakan konstanta temperatur yang dikirim bersama dengan unit pisometer dengan persamaan berikut.

$$P_{T_1} = G(L_0 - L_1) - K(T_0 - T_1) \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

$K$  adalah bilangan tetap temperatur( $^{\circ}\text{C}$ ) yang diperoleh dari pabrik pembuat

$T_0$  adalah temperatur( $^{\circ}\text{C}$ ) awal uji pada kalibrasi diperoleh dari pabrik pembuat

$T_1$  adalah temperatur( $^{\circ}\text{C}$ ) pada pisometer yang terjadi di lapangan

### 7.2 Pembacaan

Petunjuk pembacaan unit pisometer kawat vibrasi adalah:

- pasangkan kabel utama pada panel;
- hubungkan bagian ujung kabel utama dengan kabel pisometer;
- atur tombol tekanan pembacaan;
- atur tombol otomatis/manual;
- atur tombol normal/linier;
- putar tombol sumber listrik;
- hasil pembacaan ditayangkan pada panel. Catat hasil pembacaan ini.
- bila monitor memberikan data yang tidak jelas, baterai perlu diisi atau diganti. Pengisian baterai harus secara menerus sesuai dengan yang diperlukan.



- i) alat baca akan tidak berfungsi dan ditutup setelah 4 menit tidak digunakan.

Nilai data pembacaan seperti pada Tabel B.1 halaman 22 harus segera dicatat pada formulir pembacaan untuk diproses lebih lanjut dalam tahapan Analisis Keamanan Bendungan.

### 7.3 Jadwal pembacaan

Pembacaan awal pisometer kawat vibrasi merupakan data rujukan untuk digunakan pada pembacaan selanjutnya, sehingga baik data awal sebelum pemasangan dan saat pemasangan dilaksanakan merupakan data yang sangat penting dan harus cukup akurat. Jadwal pembacaan suatu instrumen sangat tergantung terhadap maksud dan tujuan penggunaan alat instrumentasi tersebut dan data sebelumnya yang ada, yaitu keadaan khusus yang ditemui pada bangunan bendungan, kondisi bangunan selama pembangunan, setelah pembangunan dan selama bangunan tersebut berfungsi, bahkan untuk suatu bendungan kondisi pada saat awal pengisian waduk, penting untuk diperoleh.

Jadwal pembacaan disusun secara tertulis oleh seorang ahli dalam bidangnya sebelum pembangunan, terutama jadwal pembacaan pada saat selesai pembangunan dan pengisian awal, selanjutnya secara periodik pembacaan harus dilaksanakan sesuai Tabel 1 ini.

**Tabel 1 - Jadwal pembacaan pisometer kawat vibrasi**

Tahap pembangunan	Tahap pengisian waduk	Tahap operasional	
		Tahun pertama	Periodik
Seminggu sekali	Seminggu sekali	Sebulan sekali	Tiga bulan sekali

Pada kondisi khusus yang dapat mempengaruhi keamanan bendungan, perlu dilaksanakan pembacaan tambahan selain pembacaan yang sesuai dengan jadwal tersebut di atas untuk memenuhi pembacaan dan dokumen yang lengkap.

Sebagai contoh, seperti penurunan muka air waduk secara cepat, elevasi muka air waduk yang berlebihan, akibat pengaruh gempa, hasil pembacaan yang tidak normal, rembesan yang berlebihan dan sebagainya dilaksanakan di luar dari jadwal pemantauan pada Tabel 1 tersebut.

Sedangkan jadwal pembacaan pisometer kawat vibrasi untuk bangunan lainnya baik untuk fondasi gedung maupun bangunan jembatan dan jalan dapat ditentukan oleh seorang ahli geoteknik yang disesuaikan dengan kepentingan dan kegunaan alat tersebut.

## 8 Pengumpulan data

Nilai tekanan hasil pembacaan dengan menggunakan persamaan  $P = G (L_0 - L_1)$  adalah dalam  $\text{kN/m}^2$  atau (kPa).

Hasil pembacaan ini harus dikonversikan dengan elevasi aktual dari pisometer yaitu dengan mengalikan suatu faktor tertentu untuk memperoleh tekanan air dalam meter tinggi air, selanjutnya secara matematik nilai ini ditambahkan dengan elevasi pisometer, seperti diperlihatkan pada Tabel B.1 terlampir.

Data yang telah diterima dari lapangan agar dikumpulkan dan segera dikirim untuk dibahas bersama oleh instansi terkait. Sebagai contoh penggambaran nilai tekanan air pori dari pisometer kawat vibrasi dapat dilihat pada Gambar B.11 halaman 21.

## 9 Laporan

Pelaporan hasil pemasangan dan pembacaan unit pisometer kawat vibrasi harus mencakup hal-hal sebagai berikut:

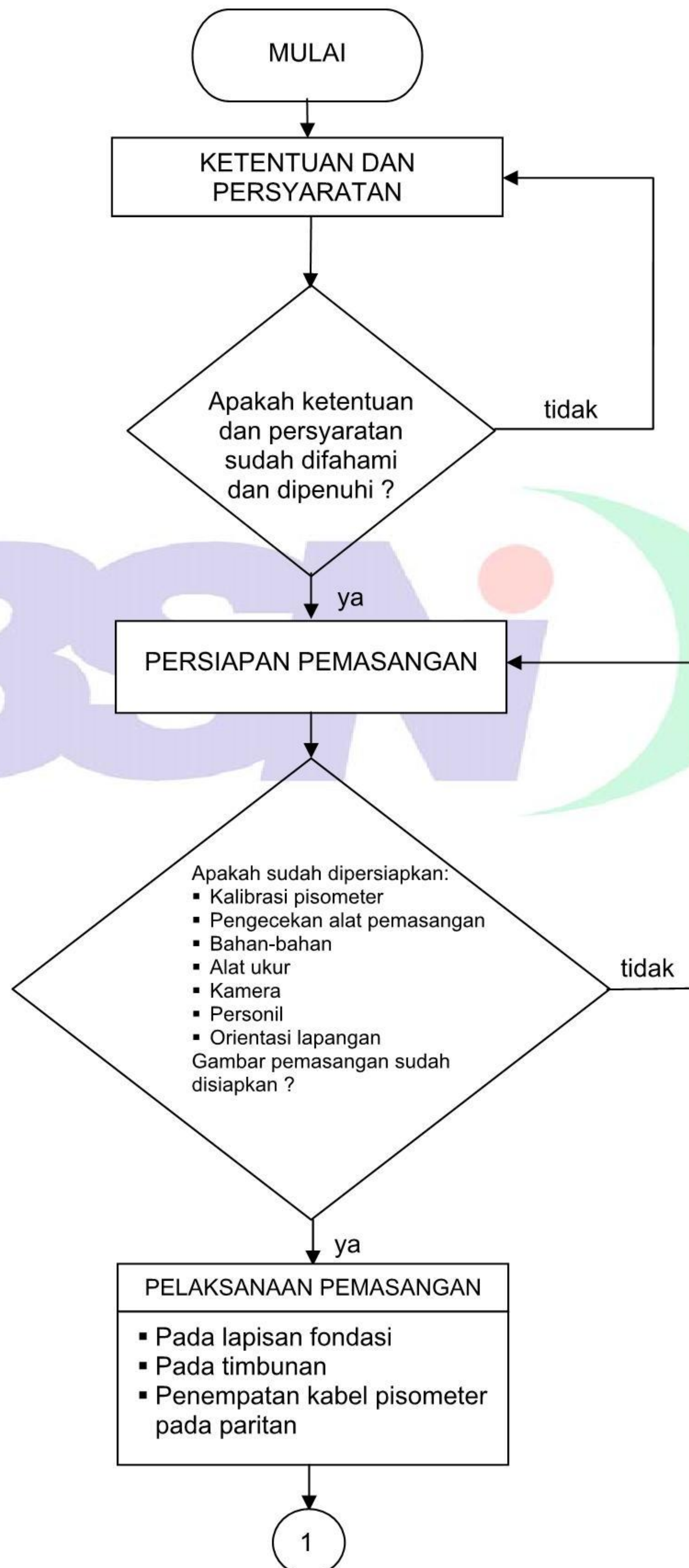


- a) Penjelasan maksud dan tujuan pemasangan alat termasuk jenis bangunan, lokasi bangunan yang akan diamati.
- b) Kondisi dan jenis lapisan tanah termasuk kedalaman dan ketebalan lapisan fondasi ataupun timbunan dari bangunan tersebut harus dicatat. Selain itu perlu dijelaskan jenis dan kapasitas alat pemboran untuk pemasangan pisometer dalam lubang bor dan jenis alat yang digunakan pada saat membuat paritan pada timbunan selama pelaksanaan persiapan lubang bor atau galian paritan.  
Dalam pelaksanaan pemasangan pisometer ini perlu dilengkapi data:
- kondisi cuaca dan temperatur;
  - waktu, tanggal, hari, bulan dan tahun pelaksanaan pemasangan;
  - nama pelaksana dan pengawas;
  - foto-foto kegiatan.
- c) Pelaksanaan kalibrasi yang dilakukan dengan mengikuti tata cara yang telah diberikan, meliputi:
- kalibrasi awal dari pabrik pembuat baik akibat pengaruh temperatur dan faktor kesalahan pembacaan;
  - kalibrasi pada saat persiapan pemasangan pisometer untuk menentukan kondisi kelaikannya.
- d) Pelaksanaan pemasangan pisometer harus diuraikan sesuai kondisi yang ada termasuk:
- elevasi pemasangan pisometer;
  - cuaca dan temperatur;
  - waktu, hari, tanggal, bulan, tahun;
  - pembacaan awal;
  - nama pelaksana dan pengawas;
  - kondisi lapangan pada saat pemasangan termasuk pengaruh muka air tanah bila ada dan kesulitan lainnya;
  - jenis peralatan pemadatan yang digunakan selama pemasangan pisometer ini;
  - perlu dilengkapi foto-foto kegiatan.
- e) Pembacaan harus mencatat data antara lain:
- cuaca dan temperatur;
  - data pembacaan awal;
  - perubahan/pergerakan bagian bangunan termasuk bocoran;
  - elevasi muka air waduk;
  - waktu, hari, tanggal, bulan dan tahun pembacaan;
  - nama petugas dan pengawas pelaksanaan pemantauan;
- f) Proses hasil pembacaan dan pengiriman hasil yang berupa nilai dan grafik tekanan air pori untuk dievaluasi oleh instansi yang berwenang.
- g) Laporan ini ditandatangani oleh petugas dari instansi yang berwenang.

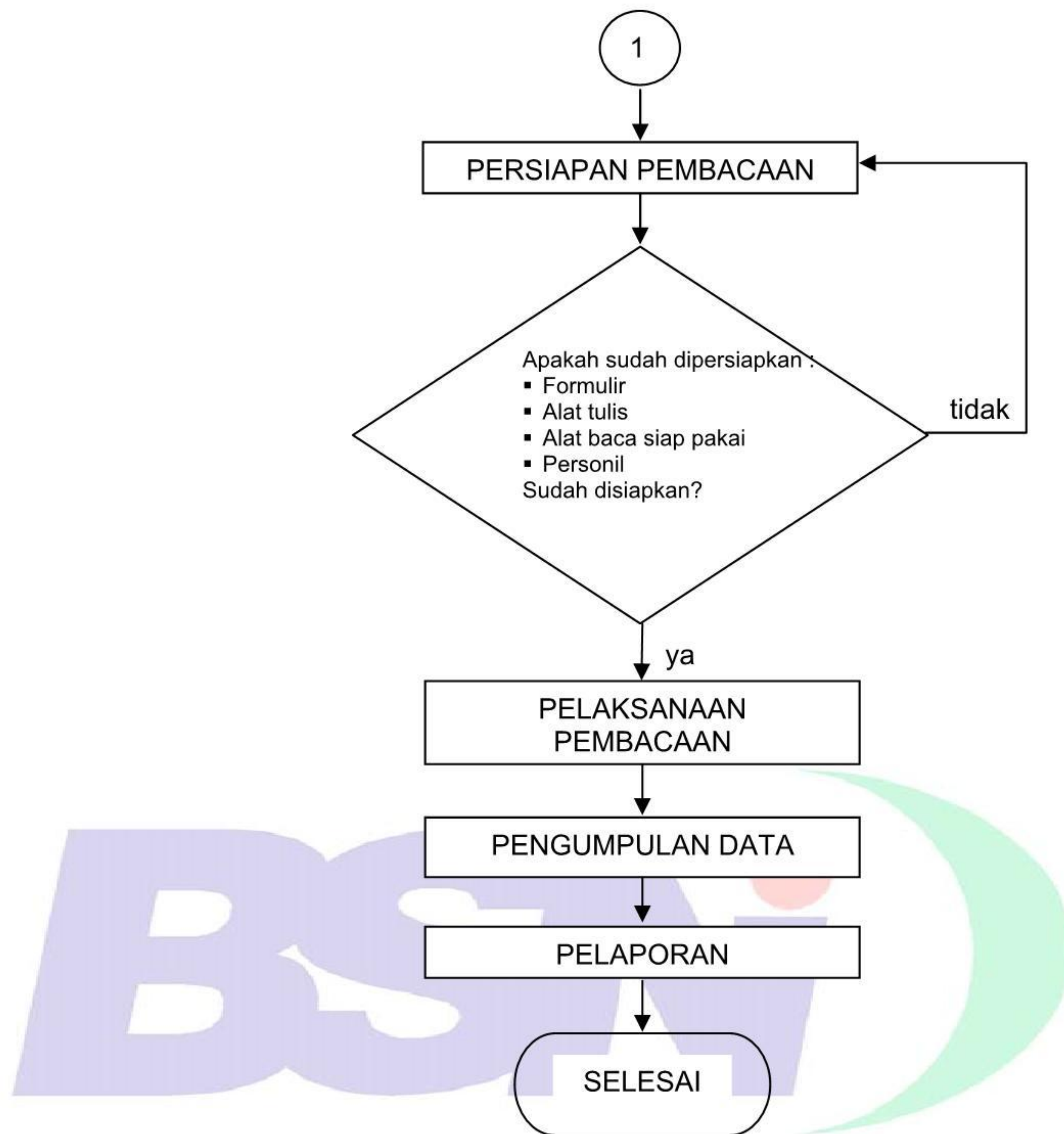


## Lampiran A (normatif)

### Bagan alir tata cara pemasangan dan pembacaan pisometer kawat vibrasi





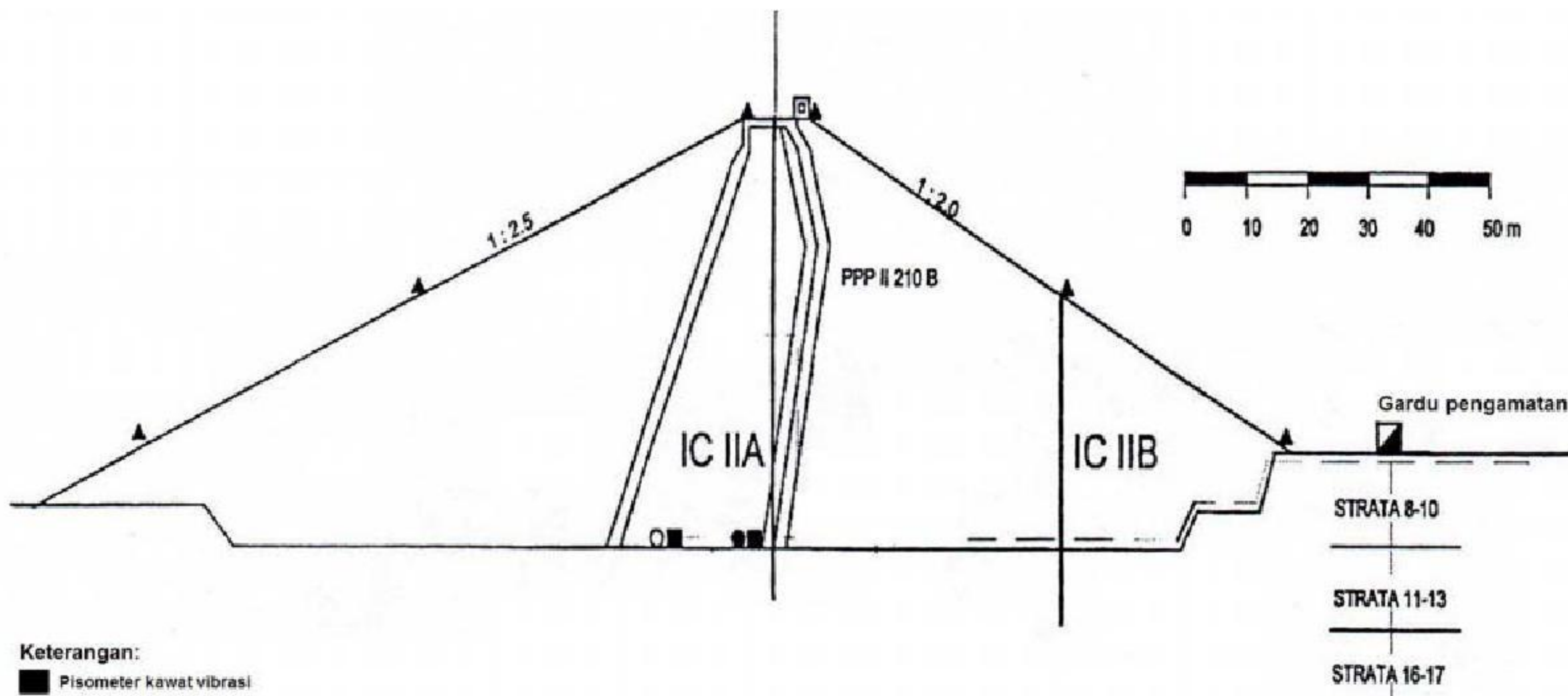


Gambar A.1 – Bagan alir tata cara pemasangan pisometer kawat vibrasi

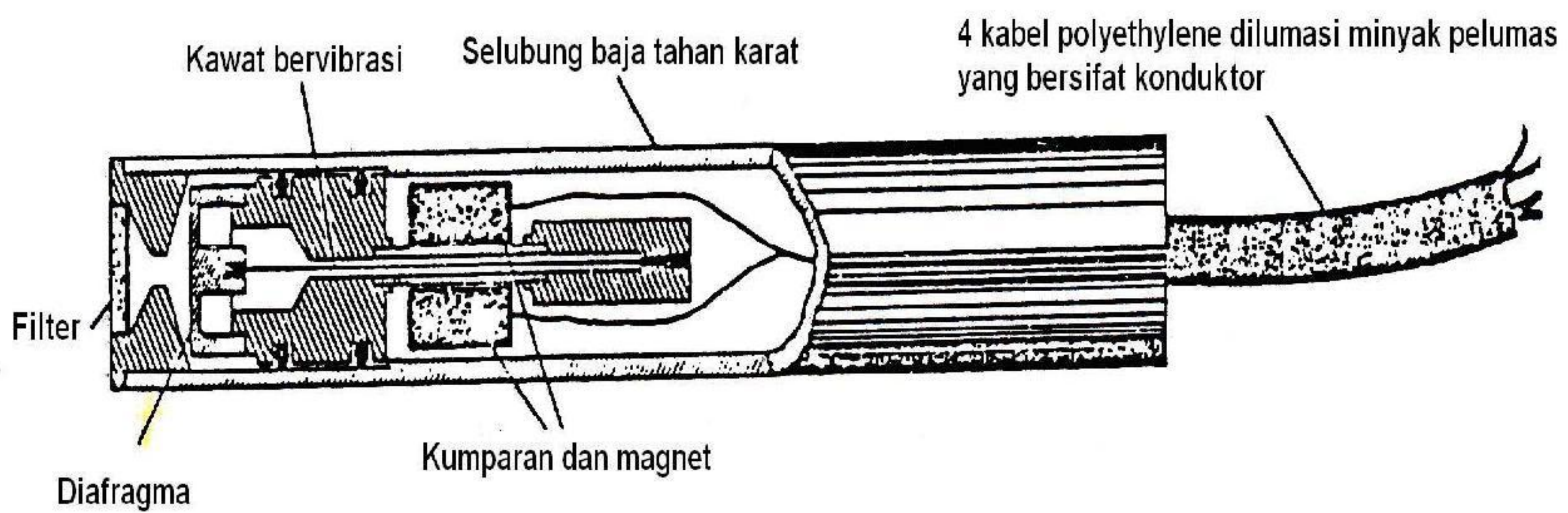


## Lampiran B (informatif)

### Gambar dan Tabel



Gambar B.1 – Contoh penempatan instrumen bendungan

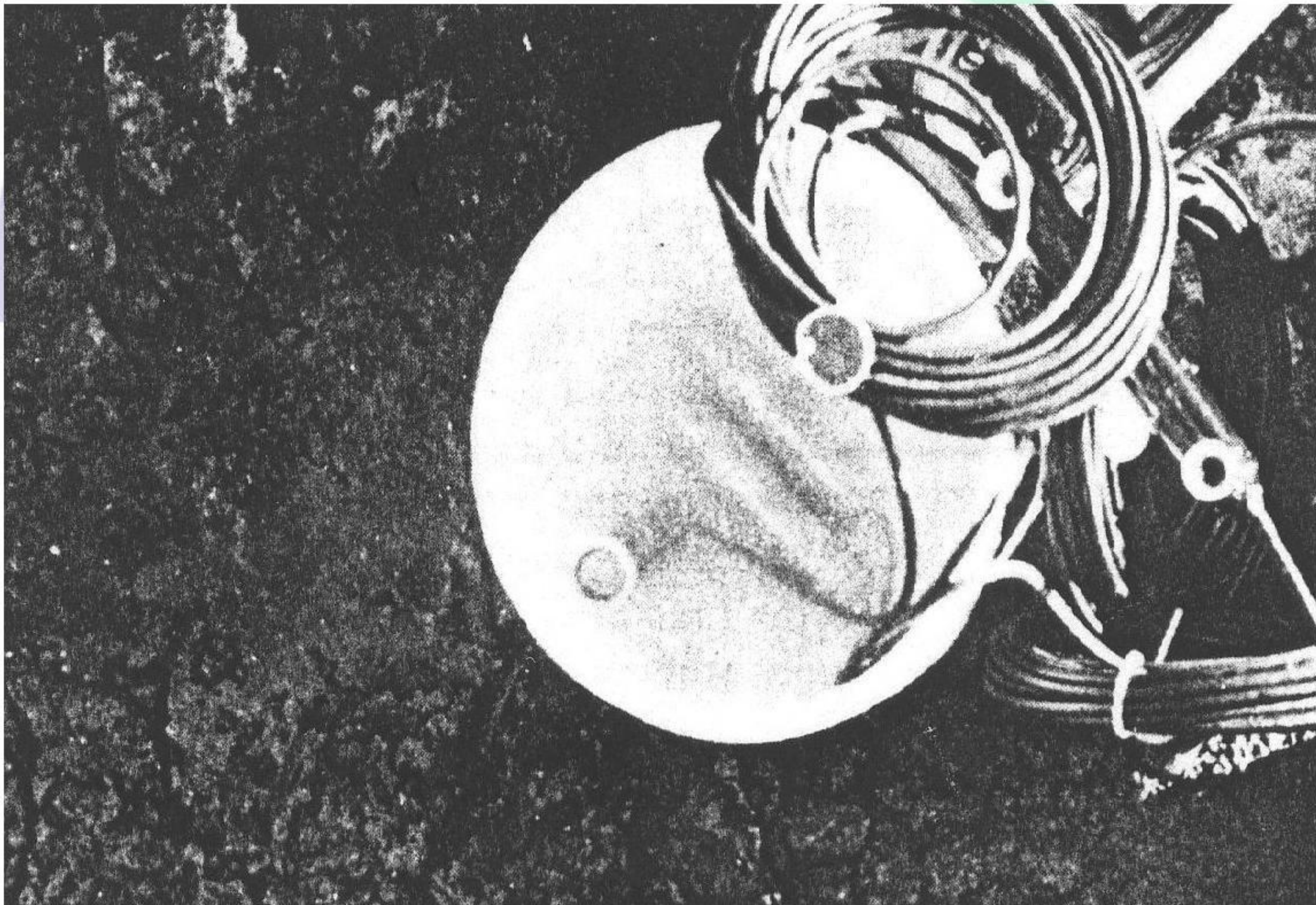


Gambar B.2 – Perlengkapan pisometer kawat vibrasi



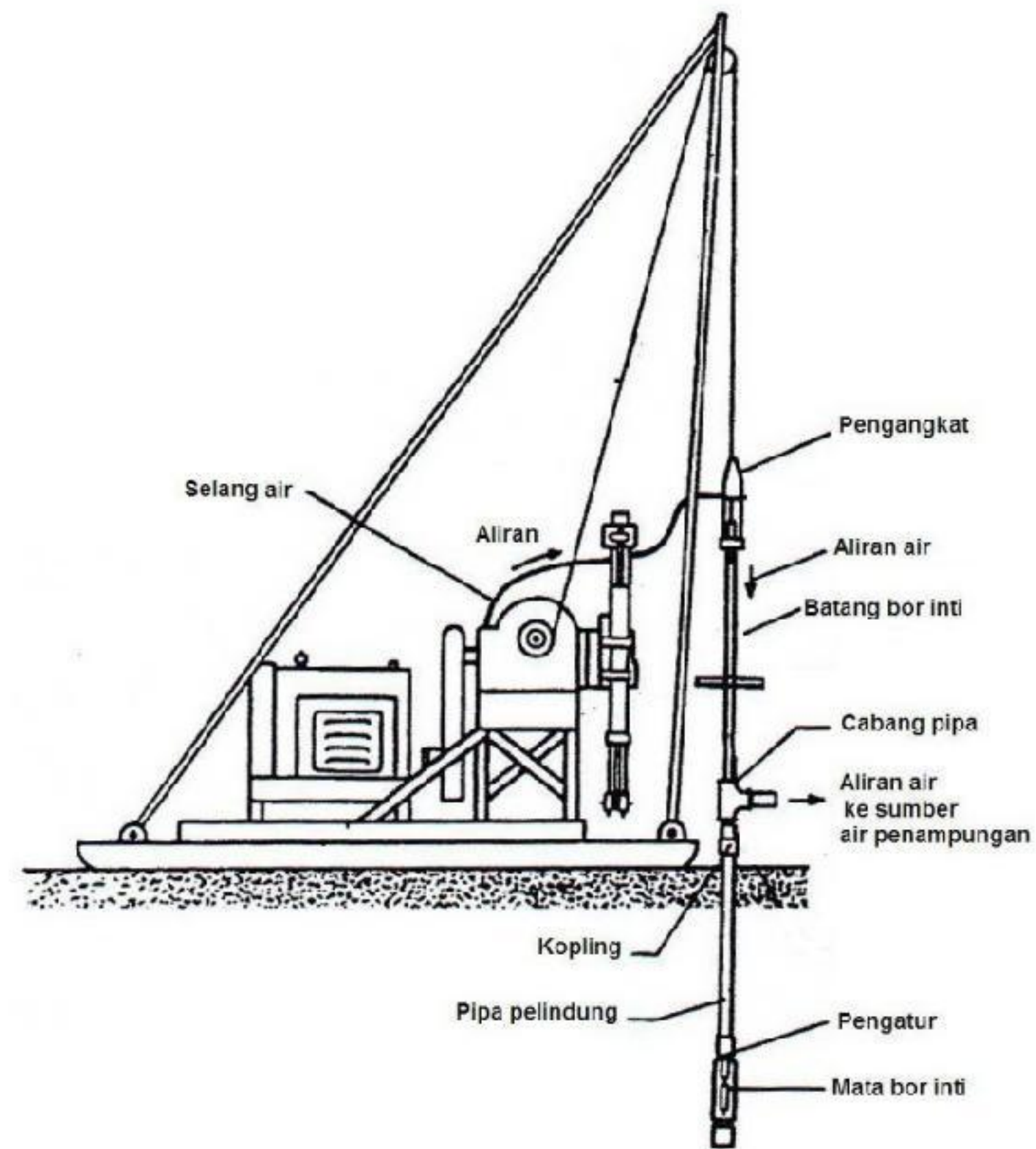


**Gambar B.3 – Peralatan pisometer kawat vibrasi**



**Gambar B.4 – Perakitan kembali pisometer kawat vibrasi dalam air**

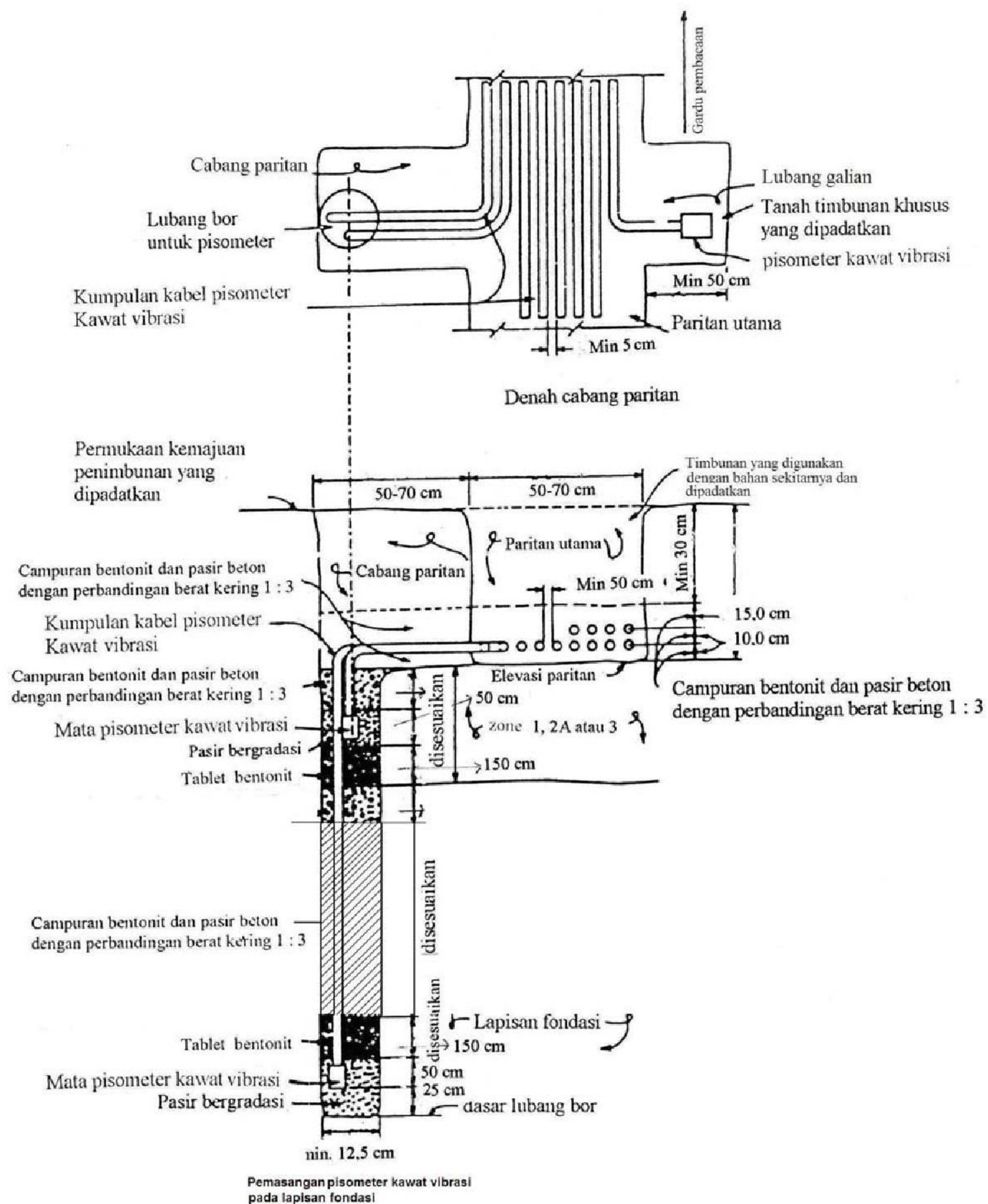




Gambar B.5 – Perlengkapan unit bor inti

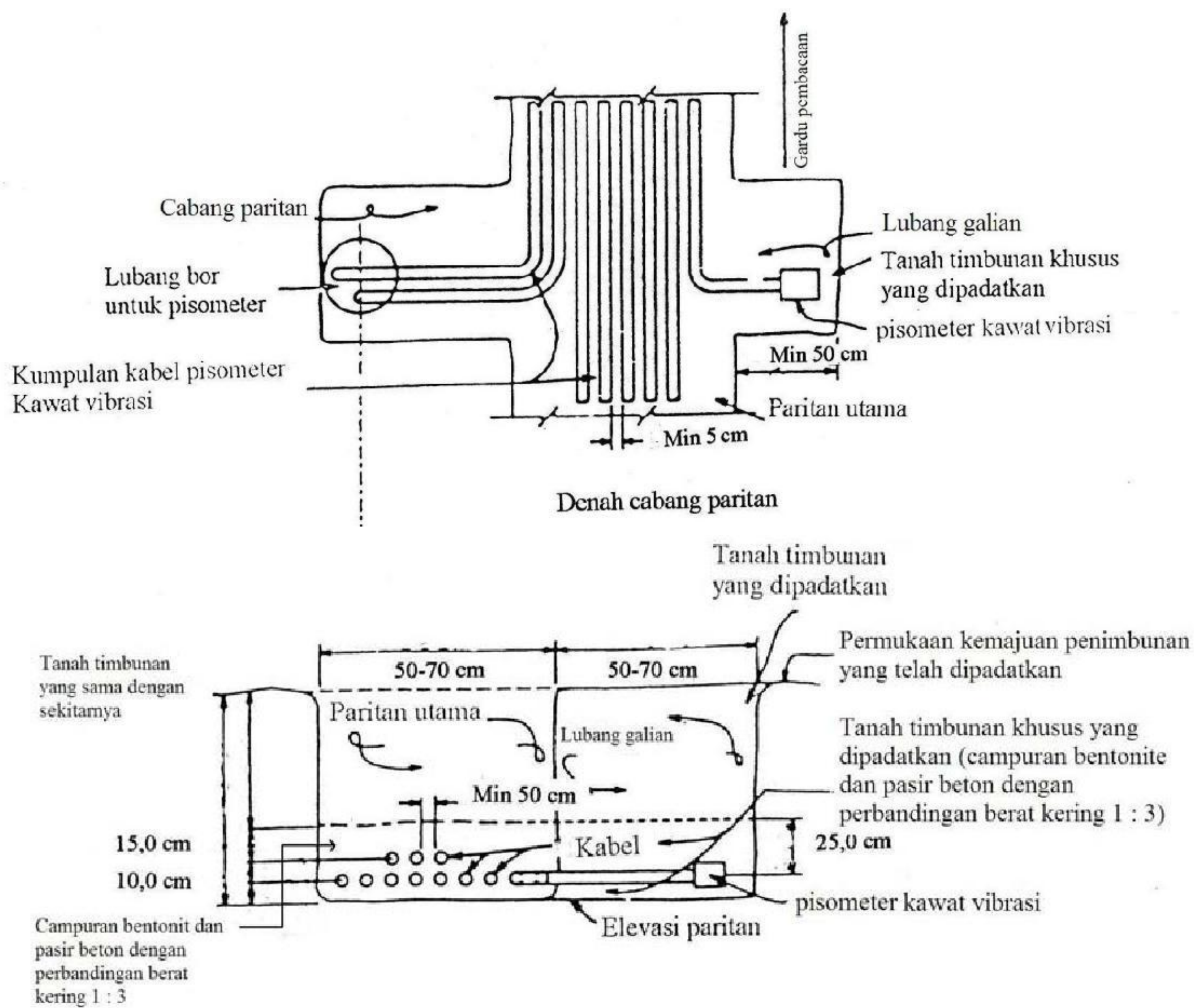




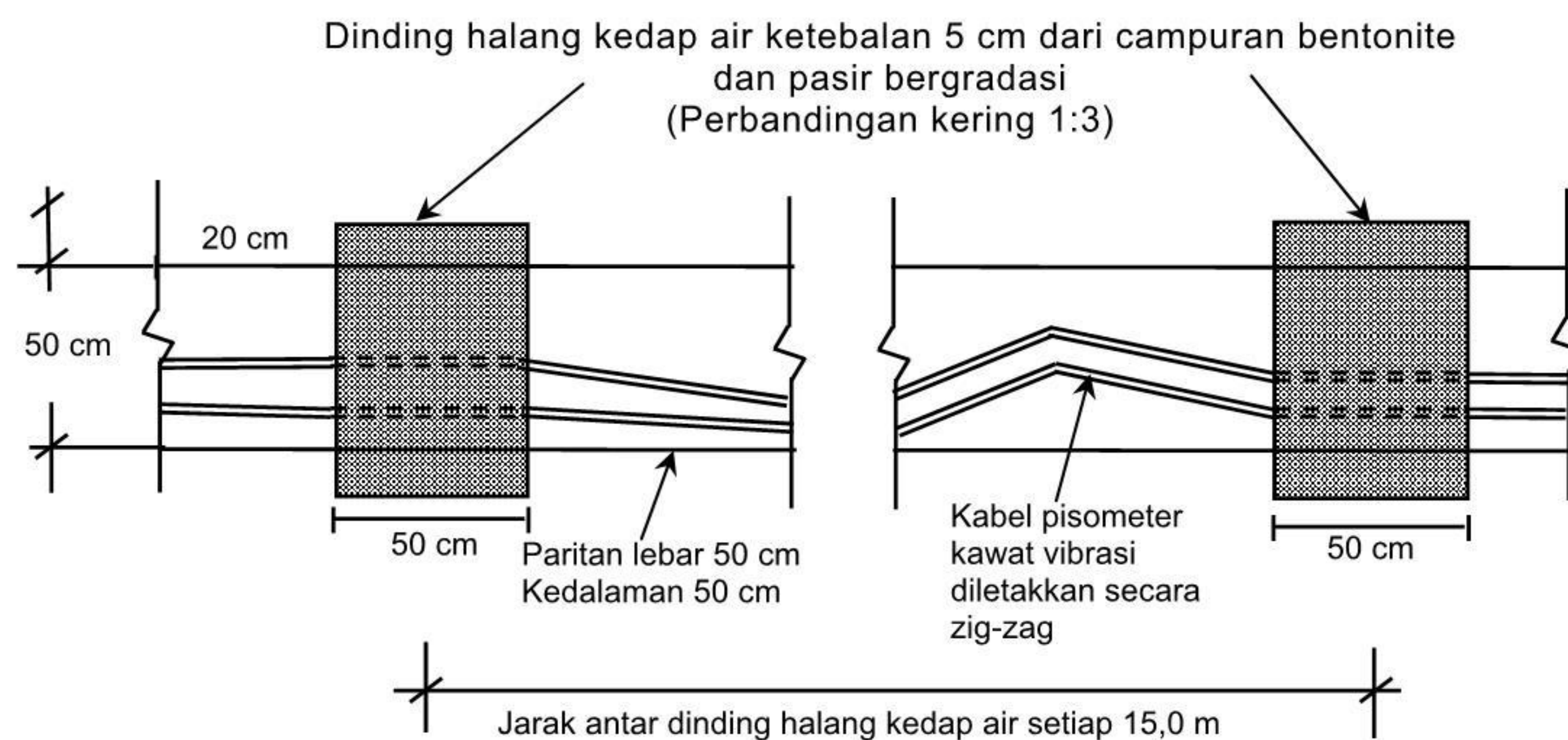


**Gambar B.6 – Pemasangan pisometer kawat vibrasi pada lapisan fondasi timbunan tanpa skala**



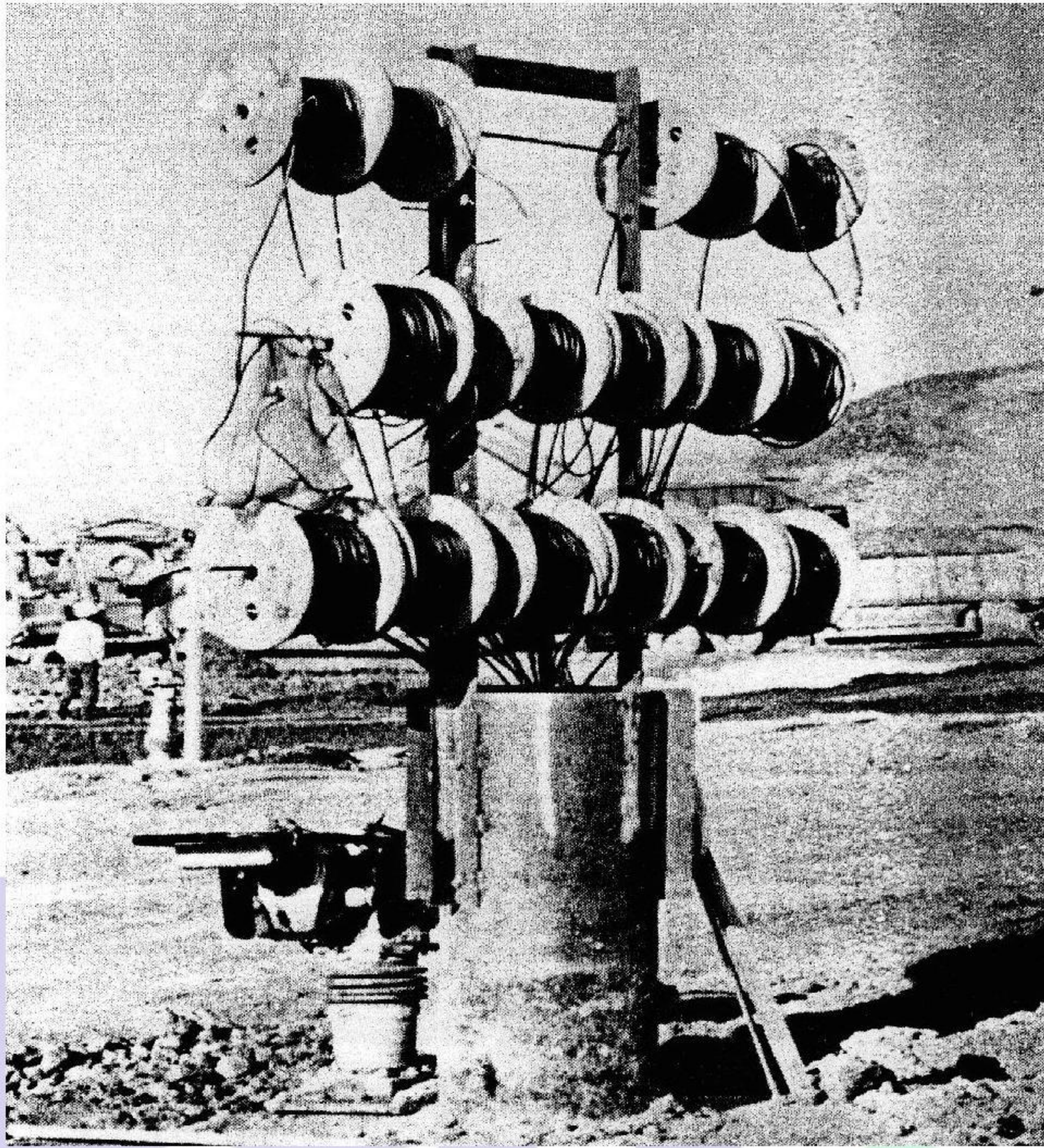


**Gambar B.7 – Pemasangan pisometer kawat vibrasi pada timbunan dan paritan**



**Gambar B.8 – Denah pemasangan dinding halang kedap air pada paritan**



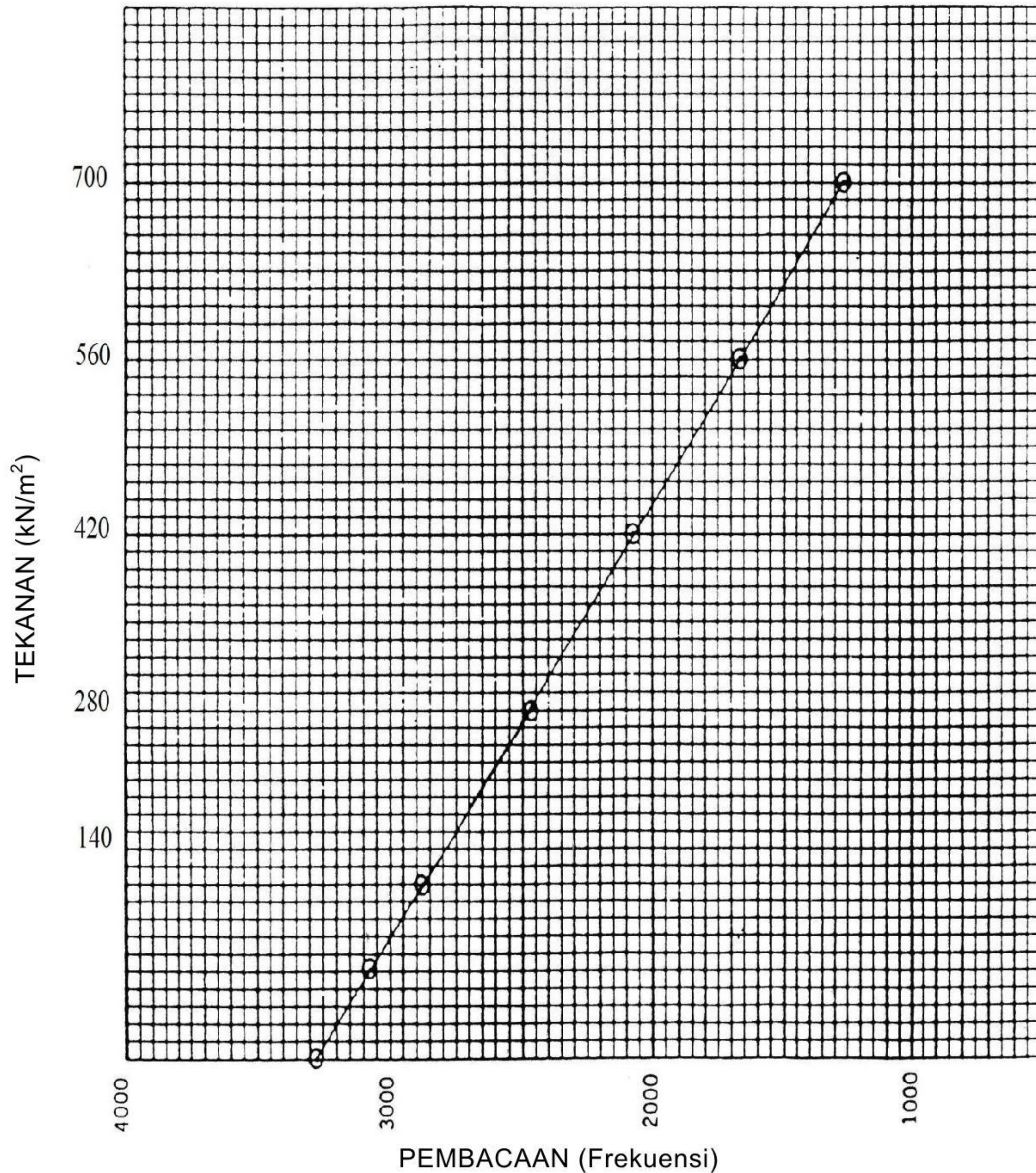


Gambar B.9 – Pipa pengaman dan pengumpul kabel yang digunakan pada pemasangan pisometer kawat vibrasi sesuai dengan kemajuan pemadatan



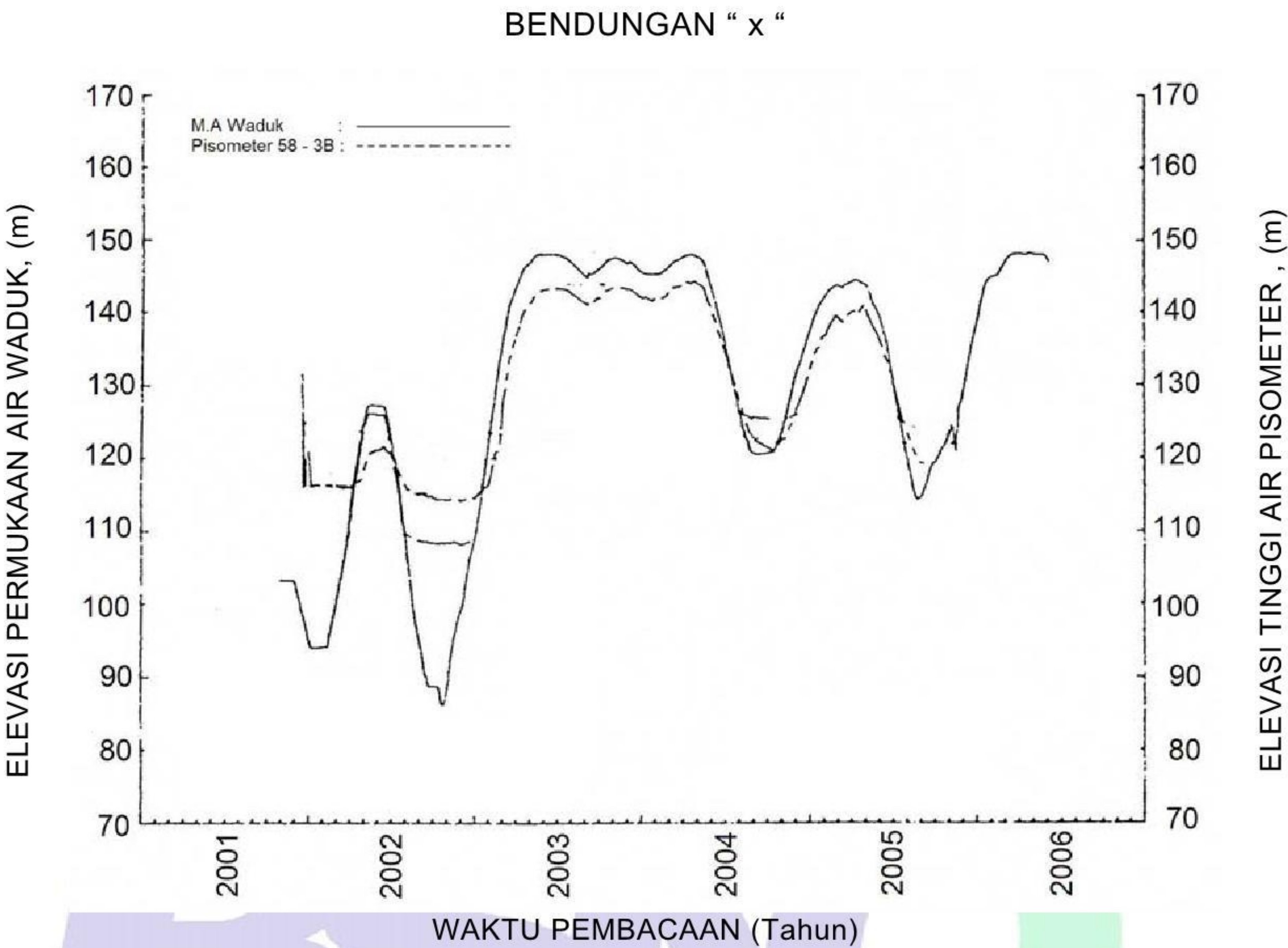
### KALIBRASI PISOMETER KAWAT VIBRASI

Model No.	: 4500S	Tanggal	: -
Serial No.	: 255T-100	Temp.	: 14°C
Faktor pembacaan, G	: .0499	Elevasi	: 29,86
Koefisien temp.	: 0,017 kN/m <sup>2</sup> / C°	Pembacaan awal, L <sub>0</sub>	: 3273
		Periode, T <sub>0</sub>	: 5527



Gambar B.10 – Contoh pembacaan kalibrasi pisometer kawat vibrasi





Gambar B.11 – Contoh penggambaran data pisometer tekanan kawat vibrasi



Tabel B.1 – Contoh pengisian formulir data pisometer kawat vibrasi

Pembaca  
Elevasi muka air waduk

: Dodi  
: 132,01 m

Lembar 1 dari 1  
Tanggal : -

No. pisometer	Kedalaman (m)	Faktor pembaca (G)	L <sub>0</sub>	L <sub>1</sub>	(L <sub>0</sub> -L <sub>1</sub> )	Tekanan pisometer, P = [G (L <sub>0</sub> -L <sub>1</sub> )] (kN/m <sup>2</sup> )	Tinggi tekanan air (m) x 0,1022	Perubahan tekanan kN/m <sup>2</sup>	Elevasi Pisometer (m)	Elevasi Tekanan air pori (m)	Elevasi Permukaan tanah (m)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
VW-40-2A	20,9	0,2200	3435	2779	573	125,5	12,79	0,35	132,10	144,89	153
VW-40-2B	23,3	0,1900	3465	2734	731	138,7	13,47	6,9	129,7	143,16	153
VW-58-3A	14,0	0,2860	3289	2737	552	157,9	15,36	7,60	115,4	130,76	129,4
VW-58-3B	16,4	0,1800	3210	2806	407	73,3	6,08	13,8	113,06	119,14	129,4
VW-60-1A	5,7	0,2800	3359	2586	773	216,4	18,51	35,30	110,50	129,0	116,2
VW-60-1B	9,6	0,2700	3334	2554	780	210,50	18,48	29,7	106,60	125,08	116,2

Keterangan:

G adalah faktor pembacaan

L<sub>0</sub> adalah pembacaan awal dalam kondisi tekanan nol di lapangan pada saat pemasangan

L<sub>1</sub> adalah pembacaan di lapangan



**Lampiran C**  
(informatif)

**Tabel daftar deviasi teknis dan penjelasannya**

No.	Materi	Sebelum	Revisi
1.	Judul	Tata cara pemasangan dan pemantauan pisometer kawat bervibrasi	Tata cara pemasangan dan pembacaan pisometer kawat vibrasi
2.	Format	Belum mengikuti format Pedoman BSN yaitu PSN 08:2007	Disesuaikan dengan format BSN yaitu PSN 08:2007
3.	Istilah dan definisi	Ada	Ditambahkan
4.	Ketentuan dan persyaratan	Belum ada	Diperbaiki redaksionalnya
5.	Bagan alir	Belum ada	Dibuatkan bagan alir
6.	Gambar	Sudah ada	Ditambahkan dan diperbaiki



**Lampiran D**  
(informatif)

**Daftar nama dan lembaga**

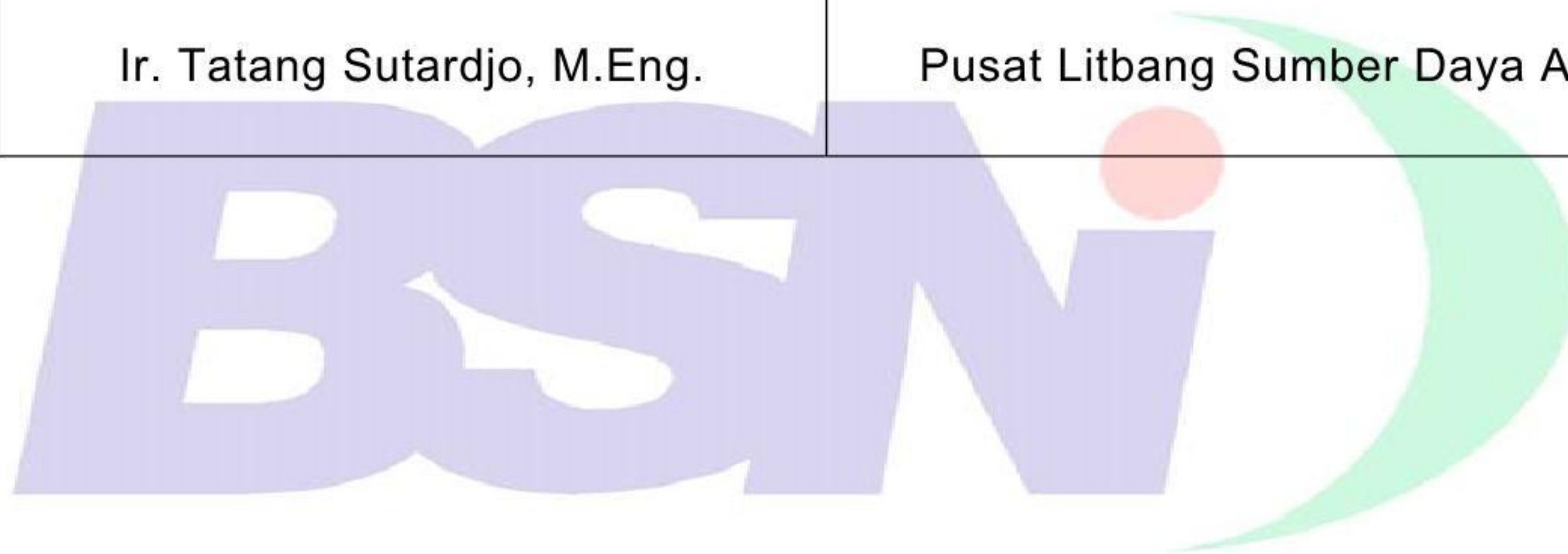
- 1) Pemrakarsa  
Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air, Badan Penelitian dan Pengembangan, Departemen Pekerjaan Umum

- 2) Penyusun awal

N a m a	Lembaga
Ir. Tatang Sutardjo, M.Eng.	Pusat Litbang Sumber Daya Air

- 3) Penyusun baru

N a m a	Lembaga
Ir. Tatang Sutardjo, M.Eng.	Pusat Litbang Sumber Daya Air





## Bibliografi

Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, *Pedoman Operasi, Pemeliharaan dan Pengamatan Bendungan*, Bagian 3 : Sistem Instrumentasi dan Pemantauan, Maret 2003.

Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, *Instrumentasi Tubuh Bendungan Tipe Urugan dan Tanggul*, 2004.

*Institution Manual Vibrating Wire Piezometer*, Model 4500, Geokon Inc. March 1983.

Soil Instruments Limited, *W4 Heavy Duty Vibrating Wire Piezometer Manual*, 2007.

T.H. Hanna, *Field Instrumentation in Geotechnical Engineering*, Trans Tech Publication, 1985.

United State Department of the Interior, Bureau of Reclamation, *Embankment Dam Instrumentation Manual*, A Water Resources Technical Publication, 1987.

